

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie



Bakalářská práce

Návrh technologie svařování netopené tlakové nádoby

Proposal of Technology for Welding Unfired Pressure Vessel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Sondel, Ph.D.

Student:

Martin Šufana

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student:

Martin Šufana

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Návrh technologie svařování netopené tlakové nádoby
Proposal of Technology for Welding Unfired Pressure Vessel

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte studii svařování vybraných ocelí pro netopené tlakové nádoby.
2. Zpracujte studii svařování vybraných metod pro svařování netopené tlakové nádoby.
3. Navrhněte technologický postup svařování tlakové nádoby.
4. Zpracujte návrh kontrol a zkoušení svarových spojů tlakové nádoby.
5. Ověřte vlastnosti vybraného svarového spoje.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, Jaroslav; SCHWARZ, Drahomír; HAJDÍK Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. Vyd. 1. Ostrava: Český svářečský ústav s.r.o., VŠB-Technická Univerzita, 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
KOUKAL, Jaroslav; ZMYDLENÝ, Tomáš. *Svařování I*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2005. 136 s. ISBN 80-248-0870-6.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Šondel, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



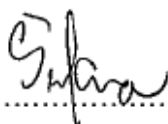

Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím dané literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Ostravě dne 19. 5. 2014



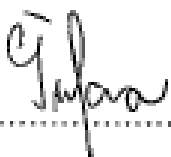
.....

Podpis studenta

Prohlášení

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě 19. 5. 2014


.....
Martin Šufana

Adresa:

Olšanská 281

Ruda nad Moravou

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠUFANA M. *Návrh technologie svařování netopené tlakové nádoby.*

Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB – Technická universita Ostrava

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Sondel, Ph.D.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru Strojírenské technologie určuje návrh technologie výroby tlakové nádoby svařováním metodou 138. Zachování kvality svarů bylo podloženo provedenými zkouškami svárů a vyhotovení WPQR dokumentu.

Cílem bakalářské práce je navrhnout technologický postup svařování tlakové nádoby, návrh vhodných svařovacích parametrů. Kontrola a zkoušení svárových spojů tlakové nádoby. Ověření vlastností svarového spoje, které budou obsaženy v dokumentu WPQR.

ANNOTATION OF THESIS

ŠUFANA, M. *Proposal of Technology for Welding Unfired Pressure vessel*

Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering,

VŠB – Technical University of Ostrava

Head of bachelor's work: Ing. Martin Sondel, Ph.D.

The project elaborated as a part of bachelor's study on Institute of Engineering technology determines the design of technology manufacturing pressure vessels by welding method 138. The welds quality was documented by testing of the welds and dokument retrieval of WPQR.

Aim of this bachelor work is propose a technological process of welding pressure vessel and suggestion acceptable welding parametres. Inspection and testing of welded joint of pressure vessel. Verify characteristic of welded joints, which will be inserted in the document of WPQR.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Sondelovi, Ph.D., doc. Ing. Drahomíru Schwarzovi, CSc. a firmě PV – Czech, že mi poskytli pracovat na tomto projektu

Úvod.....	9
1. Přehled současného stavu poznání.....	10
1.1 Přehled výrobců tlakových nádob	10
1.2 Základní dělení tlakových láhví	11
2. Varianty konstrukčního řešení.....	12
2.1 Výběr materiálu.....	12
2.2 Výpočet tlakové láhve	13
2.2.1 Části zatížené tlakem.....	13
2.2.2 Rozměry tlakové nádoby.....	14
2.3 Výběr přídavného materiálu.....	15
2.3.1 Přídavný materiál	15
Obloukové svařování plněnou (trubičkovou) elektrodou:.....	16
2.3.2 Aktivní ochranné plyny pro svařování	18
3. Výrobní postup tlakové nádoby	18
3.1 Příprava materiálu	18
3.1.1 Barely	18
3.1.2 Víka	20
3.2 Chemická úprava povrchu.....	21
3.2.1 Fosfátování	21
3.2.2 Pasivace	21
3.3 Pájení měděných trubek	21
3.4 Svařování tlakové nádoby	23
3.4.1 Svařovací zdroj a příslušenství.....	24
3.4.2 Postup svařování	27
3.5 Tlaková zkouška.....	34
3.6 Vady svárových spojů	35
4. Stanovení a kvalifikace postupu svařování kovových materiálů (WPQR) ..	37
4.1 Svařování vzorků.....	37
4.1.1 Základní materiál.....	38
4.1.2 Svařovací materiál.....	38
4.1.3 Osvědčení svářečů a operátora	38
4.1.4 Kontrola před svařováním	38
4.1.5 Svařování.....	39
4.2 Zkoušky vzorků.....	39
4.2.1 Nedestruktivní zkouška	39

4.2.2 Destruktivní zkoušky.....	39
4.3 Posouzení výsledků	40
4.3.1 Nedestruktivní zkouška (Non destructive tests).....	40
4.3.2 Destruktivní zkoušky.....	41
4.4 Protokol o kvalifikaci postupu svařování (WPQR).....	42
5. Závěr	43
6. Seznam použitých zdrojů	44
SEZNAM PŘÍLOH	46
Příloha 1. WPS dokument	47
Příloha 2. Výkres tlakové nádoby	48

Úvod

Současné trendy výroby směřují stále více k maximální automatizaci, tomu napomáhají také neustálý vývoj řídicí techniky a robotů. Důvody jsou jednoduché, mnohonásobně zvýšená efektivita v důsledku větší rychlosti a přesnosti práce strojů než lidí. Ve strojírenství se však mnohdy jedná o kusovou výrobu, nebo málo sériovou výrobu. Zde je plná automatizace neekonomická díky vysokým pořizovacím nákladům na automatické výrobní linky, také díky dlouhým časům na seřízení a vyladění výrobní linky. Proto se firmy uchylují k polo-automatizaci, která spočívá ve spolupráci člověka se strojem. Jednoduše řečeno člověk volí polotovary do různých přípravků, stroj provede operaci a člověk vymění svařený kus za další polotovar. Stejně je tomu i při výrobě tlakových nádob, kde pro řádové tisícové série nemá důvod investovat finance i čas do plně automatizované výrobní linky. Mnohokrát se musí tlaková nádoba svařovat ručně z důvodu technologického postupu svařování. Cílem této bakalářské práce je návrh technologie svařování netopené tlakové nádoby dle zadání firmy PV – Czech tak, aby materiál a svárové spoje vyhovovaly dle normy. Svařenec musí splňovat kritéria přesnosti a vzorek svařence se musí podrobit destruktivní a nedestruktivní zkoušce, která je uvedena v normách. Zároveň musí být brán ohled na to, že nádoby jsou testovány pod tlakem vzduchu pod vodou kvůli bezpečnosti.

1. Přehled současného stavu poznání

1.1 Přehled výrobců tlakových nádob

POMAR CZ s.r.o

Česká firma se zabývá výrobou svařovaných ocelových nádob, nádrží a výrobou potrubních dílů. Historie firmy Pomar sahá do poválečných let, ale na trhu tato firma působí od roku 1994. Firma vyrábí ocelové tlakové nádoby pro průmysl v souladu s direktivitou PED (Pressure Equipment Directive). Firma má vlastní konstrukční oddělení, která navrhuje nádoby dle norem:

EN 1344.5 PED

AD Merkblätter – AD2000, PED

ČSN 690010

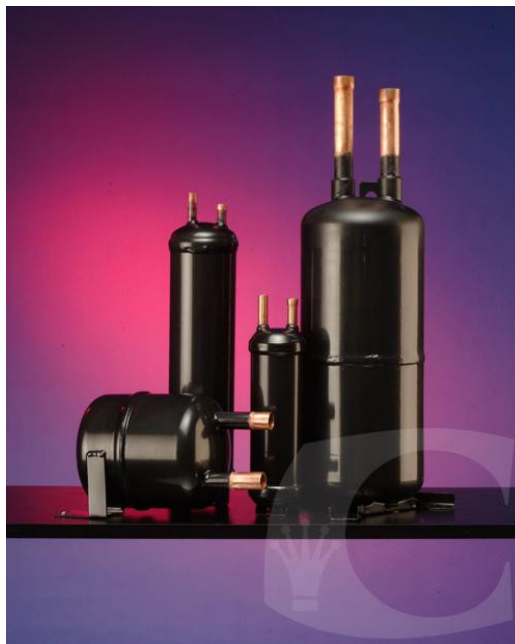


Obr 1.1 Tlaková nádoba POMAR

CULOBEL Prresurised

Roku 2005 přesunula firma Culobel část své výroby z Belgie do České republiky, na severní Moravu. Ve městě Frýdlant nad Ostravicí, v malé hale s 15 zaměstnanci, několika lisy a svařovacími roboty přivezenými z Belgie, začala firma produkovat především lisované výrobky. Dodnes se firma modernizovala, rozrostla o několik divizí, získala certifikát ISO – 9001 a zaměstnává více než 150 zaměstnanců. Jedná se o nejvýznamnější a nejrychleji rostoucí divizi belgické společnosti CULOBEL. Firma nabízí širokou paletu tlakových nádob a nádrží pro různé účely. Zaměřuje se na sériovou produkci, je ale také schopna dodat standardizované nádrže. Další divize, která je úzce spjata s divizí Pressurized je Subcontracting, část firmy zabývající se především lisováním kovů. Využívá know – how, vytvořené v průběhu desetiletí na belgickém trhu. Divize Subcontracting se profiluje jako flexibilní a dlouhodobý partner pro zákazníky. Je schopna zajistit mimo lisování kovů, také povrchovou úpravu kovů, balení a přepravu. 4. 10. 2007 byla oficiálně

otevřena výrobní hala v Číně. Tato divize produkuje výrobky nejen na asijský trh, ale také do Evropy.



Obr 2.1 Tlaková nádoba CULOBEL

1.2 Základní dělení tlakových láhví

Tlakové nádoby jsou děleny podle způsobu použití

1. Tlakové nádoby stabilní

Tyto druhy nádob jsou spojeny se zdrojem tlaku.

- Expandéry – slouží k uvolnění tlaku a odvodu kondenzátů. Na nádobě jsou umístěny výstupní a vstupní přívody pro napojení pojistných ventilů a měřících manometrů.
- Ohříváče vody – pro ohřev a akumulaci teplé vody.
- Výměníky tepla – slouží pro nepřímou výměnu tepla mezi dvěma rozdílnými médii.
- Akumulační nádoby – slouží k akumulaci ohřáté vody v topných systémech.
- Zásobníky kondenzátů – slouží pro uskladnění vody a kondenzátů. Používají se v kotelnách

2. Tlakové nádoby mobilní

Tento druh tlakových nádob jsou spojeny se zdrojem tlaku pouze při plnění.

- Cisterny – nádoby s větším objemem.
- Sudy – nádoby s objemem 100 až 800 litrů.
- Nádoby – s objemem do 130 litrů.

2. Varianty konstrukčního řešení

2.1 Výběr materiálu

Materiál pro tlakové nádoby musí být v souladu např. s normou ČSN EN 13 480 – 2, ČSN 12 952 – 2, ČSN 12953 – 2, ČSN EN 13445 – eventuálně s jinými výrobními normami bez ohledu na tvar polotovaru (výrobku). Materiál musí splňovat všeobecné požadavky dané čl. 4.1 normy (vhodnost pro zpracování, pro pracovní a provozní podmínky). Materiál musí být objednán v souladu s technickými dodacími podmínkami podle výrobkové normy – berou se v úvahu Evropské materiálové normy (EMDS – European Material Data Sheet)

Materiály jsou rozděleny do skupin v souladu s jejich chemickým složením a vlastnostmi ve vztahu k výrobě a tepelnému zpracování po svařování.

Materiály musí být doloženy dokumenty kontroly v souladu s ČSN EN 10204. Typ dokumentu je v souladu s např. ČSN EN 764 – 5 a obsahuje prohlášení o shodě s materiálovou specifikací.

Pro barel (plášť tlakové nádoby) jsem určil materiál P235TR1 dle normy 1.0978 DIN EN10149 – 2

Tyto oceli se používají pro tváření za studena. Oceli se používají pro výrobu podélných nosníků, rámů, lisované díly za studena, válcované profily za studena. Konstruktor, který navrhuje tyto oceli a pracuje s nimi, musí být ujistěn, že jeho výpočet konstrukce a metody zpracování jsou vhodné pro tento materiál. Proces tváření této oceli musí být v souladu podle ISO EN. To má zásadní význam pro chování těchto ocelí. Tyto oceli nabízejí vynikající ohýbání, lemování za studena. Má dobré plastické vlastnosti jak v podélném, tak i v příčném směru.

Chemické složení [%]:

C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti
0,120	0,500	1,400	0,030	0,030	0,015	0,090	0,220

Tab. 2.1 Chemické složení

Mechanické vlastnosti:

Mez kluzu [Re]	Pevnost tahu [Rm]	Celkové prodloužení [A]
≥ 380 MPa	450 – 590 MPa	tl. mat. <3 mm - ≥ 18% tl. mat. ≥3 mm - ≥ 22%

Tab. 2.2 Mechanické vlastnosti

2.2 Výpočet tlakové láhve

2.2.1 Části zatížené tlakem

Plášť – barel

Pláště dělíme na kulové a válcové. Kulové jsou lisovány v zápustkách. Základní dílec válcového pláště tlakových nádob je válcový lub. Určitý počet lubů vychází z potřebné délky válcové součásti. Při konstrukci je požadováno co nejmenšího počtu svarových spojů. Barel společně s klenutými dny vytváří skořepinovou konstrukci.

Víka – dna

Víka se rozlišují na rovná nebo klenutá. Přičemž klenutá dna jsou nejpoužívanější. Klenutá dna se skládají ze tří rotačně symetrických útvarů – kulového vrchlíku, anuloidového přechodu a válcového lemu. Místa přechodu vrchlíku do anuloidu a na přechodu anuloidu do válcové části představují výrazné koncentrátory ohybových napětí – ohybové poruchy membránové napjatosti. Z tohoto hlediska se klenutost dna konstruuje v závislosti na vnitřním tlaku. Čím větší je vnitřní tlak, tím se volí klenutější dno. Nejvýhodnější by bylo půlkruhové dno. Tyto dna jsou pracná na výrobu a vyrábí se jen pro několik průměrů.

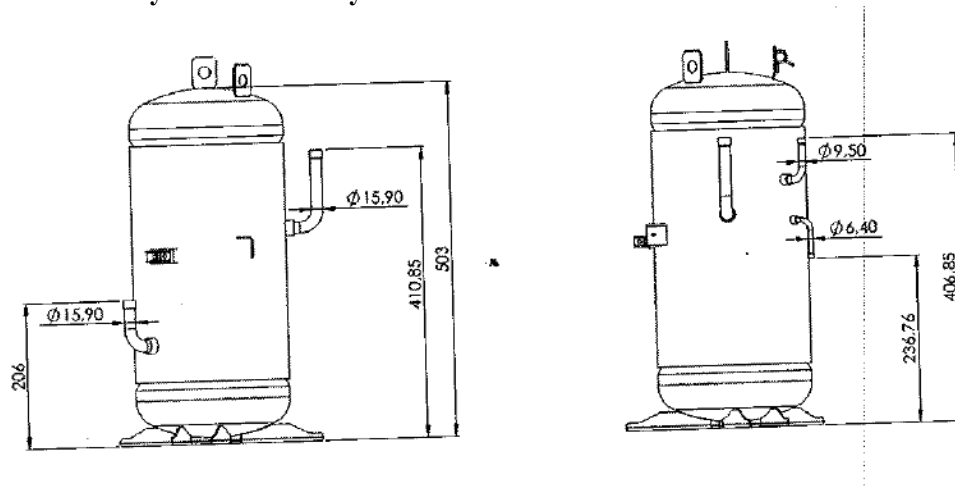
Hrdla, průlezy a pracovní otvory

Z důvodů čištění, montáže a demontáže rozebíratelných vnitřních ústrojí, opravy a kontroly nádob musí být opatřeny hrdly. Velikost průměru otvoru určuje počet otvorů. Nádoby s vnitřním průměrem větší 800 mm musí mít alespoň jeden průlez. Nádoby s průměrem menším 800 mm musí mít nejméně 2 průlezy. Toto kritérium neplatí pro nádoby se snímatelnými víky a hrdly. Pokud je to možné, tak se otvory umísťují mimo sváry pláště nádob. Otvory, které jsou umístěny ve svarech, by se měly kontrolovat prozařováním nebo ultrazvukem.

Přírubové spoje

Příruby představují rozebíratelný spoj na tlakových nádobách. Spojení příruby s nádobou závisí na typu příruby. Nejpoužívanější je svárový spoj. Mezi těsnící plochy na vnitřní straně příruby se vkládá těsnění. Důležitá je úprava těsnících ploch, která závisí na typu těsnění a jiných provozních faktorů. U měkkých těsnění jsou vhodné obvodové rýhy vzniklé opracováním, protože zvyšují tření mezi těsněním a těsnící plochou. Naopak radiální rýhy znemožňují utěsnění, příruby s takto opracovanými plochami se nesmí používat.

2.2.2 Rozměry tlakové nádoby



Obr. 2.1 Tlaková nádoba

Rozměry vypočítáme podle stanovených pracovních údajů tlakové nádoby.

Výpočet tlakové nádoby podle normy EN 14276 – 1

Pracovní tlak:	40 bar
Min pracovní teplota T_{\min} :	-40°C
Max pracovní teplota T_{\max} :	50°C
Testovací tlak:	57,2 bar

Barel

Materiál:	P235TR1
Standardní materiál:	EN 10217 – 1
Vnější průměr barelu:	219,1 mm
Vypočtená teplota:	50°C
Vypočtená tloušťka e_c:	5,13 mm
Skutečná tloušťka e_a:	5,6 mm

Víko

Materiál:	QSTE380TM
Vnější průměr:	219,1 mm
Vypočtená teplota t° :	50°C
Vypočtená tloušťka e_c:	4,02 mm
Skutečná tloušťka e_a:	4,5 mm

2.3 Výběr přídatného materiálu

Přídavné materiály pro svařování tlakových nádob a přivařování příslušenství nádob musí být v souladu s ČSN EN 12074 a ČSN EN 13479. Ekvivalentní národní/mezinárodní specifikace jsou přijatelné, jestliže splňují stejná kritéria (požadavky na jakost, výrobu, dodávání, distribuce, zkušební metody a hodnocení). Předpis je proveden v postupu WPS.

Pro MIG/MAG svařování se používají přídavné materiály v podobě plněného a plného drátu či trubičky. Tyto přídavné materiály se vyrábějí v širokém sortimentu hmotností a rozměrů drátů. Přídavné materiály jsou navinuty na plastových nebo drátěných cívkách od výrobce a pro větší spotřebu je svařovací drát navinut v barelech.

Při svařování MIG/MAG je kovový drát posunován přes svařovací hořák do hořícího elektrického oblouku, kde je roztaven a přenesen do svárové lázně. Při svařování závisí na tloušťce materiálu a poloze svařování. Hořák může být veden ručně nebo robotem. Při svařování je také důležitý sklon hořáku. Hořák může být veden vpřed nebo vzad. Energie potřebná pro hoření oblouku je dodávána ze svařovacího zdroje. Elektrický oblouk a svárová lázeň jsou chráněny ochranným plynem, který je přiváděn dýzou hořáku.

2.3.1 Přídavný materiál

Přídavný materiál jsem určil trubičkový drát **STEIN – MEGAFIL 710M**

Typ: Trubička s kovovou náplní, netvoří strusku

Aplikace: Ocelové konstrukce, tlakové nádoby, loděřský průmysl, strojní díly a komponenty, potrubní díly a tlakové rozvody

Vlastnosti: Dobré zapalování oblouku i při studeném drátu, výhodný pro aplikace se svařovacími roboty, svařování na více vrstev bez nutnosti čištění sváru od nečistot, ideální jak pro krátký oblouk, tak i pro sprchový proces, vynikající přemostění vůlí v kořenových vrstvách, vysoká efektivita svařováním pro ekonomickou výrobu svarků.

Normy: EN ISO 17632 – A

Mateiál	EN	ASTM
Tlakové nádoby	P 235 GH, P 265 GH, P 295 GH	A 283 / A285 / A 414 A 662 / A 372

Chemické složení svarového kovu [%]

C	Mn	Si	P	S
0,05	1,5	0,7	<0,015	<0,015

Tab. 2.3 Chemické složení přídatného drátu

Mechanické vlastnosti svárového kovu:

tepelné zpracování	Rp [N / mm ²]	Rm [N / mm ²]	A5 [%]	Nárazová energie [J] - 40°C
u, s	> 460	550 – 680	> 26	> 60

u: po svaření s: žíhání na odstranění pnutí

Tab. 2.4 Mechanické vlastnosti přídatného drátu

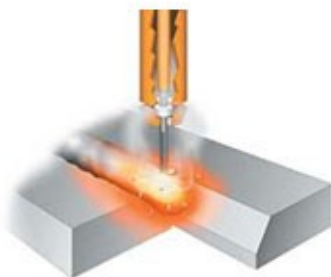
Průměr drátu: **1,2 mm**

Polohy svařování: **PA, PB, PC, PD, PE**

Obloukové svařování plněnou (trubičkovou) elektrodou:

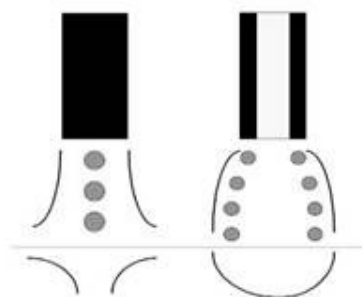
Tato metoda je poměrně nová technologie svařování označována FCAW (FluxCoredArcWelding), tavné svařování plněnou elektrodou, nebo často použité označení svařování trubičkovými elektrodami. Svařovací drát je plněn tavidlem, které chrání svárovou lázeň podobně jako ochranný plyn.

Svařování trubičkovým drátem je velmi podobné svařování MIG/MAG. Nepoužívá se plný drát, ale je to kovový plášť vyplněný tavidlem. Na začátku výroby plněné elektrody (trubičkového drátu) je obvykle páska, která se nejdříve tvaruje do tvaru "U", do ní se ukládá tavidlo a legující materiály a nakonec se páska v sérii pomocí formovacích kladek uzavírá.



Obr 2.1 Plněná elektroda

Rozdíl svařování mezi plným drátem a plněným drátem jsou vysvětleny ve značně rozdílné stavbě. Jestliže je plným drátem veden proud celým jeho průřezem, tak je přenos proudu u plněného drátu ve velké části přes značně menší prstencový průřez vnějšího pláště. Výplň uvnitř drátu představuje pro tok proudu značný odpor. Významný vliv na vytvořený oblouk má vysoká hustota proudu při svařování s plněným drátem.



Obr 2.2 Sprchový oblouk

Při určitých hodnotách proudu se tvoří s plněným drátem bezrozstříkový sprchový oblouk s jeho typickým přechodem materiálu ve formě jemných kapek. Kapky jsou odděleny na vnějším plášti plněného drátu, vzniká naproti plnému drátu významně širší oblouk, který vytváří širší profil závaru. S plněnými dráty bude dosaženo až 40 % zvýšení výkonu odtavení než s plnými dráty. Základní předností plněného drátu proti plným drátům jsou:

- hlubší závar
- nižší náchylnost na tvorbu pórů
- malý roztrhik
- vyšší výkon odtavení

Z těchto údajů můžeme říci, proč použít trubičkové dráty:

- bezpečné natavení svárových ploch, což zaručuje snížení vzniku studených svarů
- odolnost na tvorbu trhlin

- bezroztříkový kapkový přenos
- svary nejvyšší kvality
- dobré svařování v různých polohách
- ekonomická výroba

2.3.2 Aktivní ochranné plyny pro svařování

Ochranné plyny chrání konec tavícího se drátu, svárovou lázeň a ohřátou oblast základního materiálu vedle svaru před škodlivými účinky vzdušné atmosféry (oxidace naplyněním). Vytváří příznivé podmínky pro zapálení a hoření oblouku, přenos kovu oblouku a stabilitu svařovacího procesu obecně.

Ochranné plyny výrazně ovlivňují tepelný výkon oblouku, přenos kovu v oblouku, chemické složení, rozměry sváru, celistvost a vlastnosti svarových spojů, produktivitu a hospodárnost svařování.

Nejlevnější je použít oxid uhličitý jako ochranný plyn pro svařování v ochranných atmosférách. Poté je ale potřeba nastavit přesnější svařovací parametry. Směsný plyn, který je složen z Ar + 8 % až 25 % oxidu uhličitého je nejčastěji používaný plyn. Poskytuje měkčí hoření oblouku, kvalitnější vzhled svarové housenky a nejnižší rozstřík svarového kovu.

Používaný ochranný plyn: **90 % Ar; 10 % CO₂**

Norma: **ČSN EN ISO 14175: M20**

Průtok ochranného plynu: **17 – 20 l/min**

3. Výrobní postup tlakové nádoby

3.1 Příprava materiálu

Po povrchové úpravě materiálu by se měl materiál upravit tak, aby se dal zavařit podle dokumentu WPS. To znamená úpravu hran podle zadaného svárového spoje. Příprava svárových spojů se provádí opracováním mechanickým, tepelným řezáním nebo jejich kombinací na požadovaný rozměr svárových ploch. Mechanické opracování je např. řezání přímočarou pilou nebo kotoučovou pilou. Tepelným řezáním je například řezání plazmou nebo kyslíko - acetylenem.

3.1.1 Barely

Barel je z materiálu P235TR1. Barely o Ø219,1 mm a tloušťce 5,6 mm jsou dodávány v délce 6 m. Barely musí být zkráceny na určitou délku. Řezání barelu je mechanický nebo tepelně řezaný na požadovaný rozměr. Rozměr samostatného barelu závisí na délce tlakové nádoby a typu svárových spojů – osazení spodního a horního víka.

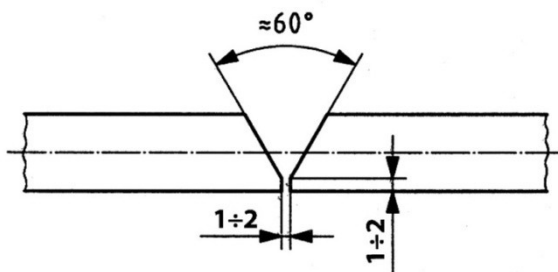
Konstruktor by měl počítat, jaký druh svaroého spoje navrhne. U našeho typu tlakové nádoby máme poloviční "V" svar. Tento typ spoje způsobuje rolování na víčku.



Obr 3.1 Rolované víko

Na obrázku jde vidět hrana víčka, která je rolovaná. Konec lemu půjde vsadit dovnitř barelu a jeho zahnutá část nám vytvoří s barelem půl "V" svar a tím nemusíme na barelu dělat jakýkoliv úkos hrany. Z tohoto půl "V" sváru nám vyplývá i určitá délka barelu. Po svaření obvodových svárů se délka tak nemění.

Na rozdíl u tupých svárů musíme počítat, že po svaření obvodových svárů se délka svařence bude zásadně měnit. Toto způsobuje kořenová mezera, kterou musíme použít mezi barelem a víkem, aby kořenová vrstva byla dostatečně provařena.



Obr 3.2 Tupý svar 1

Rolované víčko nám dosedne po celém obvodu na hranu barelu a tím si musíme dávat pozor, aby barel nebyl podřezaný. Touto chybou by víko bylo vychýleno mimo osu barelu a měli

bychom problémy u robotizovaného svařování. Čím je větší průměr barelu, tím je větší možnost, že berel bude víc podřezaný. Tento problém budeme řešit u obvodových svárů.

3.1.2 Víka

Víko je plošně tvářeno – taženo. Tažením plechů vzniká prostorový výlisek nerozvinutelného tvaru. Podle tvaru můžeme proces tažení dělit na mělké a hluboké, tažení bez a se ztenčením stěny. Naším výchozím polotovarem je přístřih plechu z materiálu QSTe 380 TM (HYDAC 380TM – toto označení materiálu je uveden ve WPQR dokumentu) o tloušťce 5,6 mm, který je zpracován tažením až na hotové víko o $\varnothing 219,1$ mm.



Obr 3.3 Víko

Dále hranu víka musíme narolovat. Víko musíme rolovat tak, aby vnitřní lem hrany dosedl do vnitřního průměru barelu.



Obr 3.4 Víko s narolovanou hranou

3.2 Chemická úprava povrchu

Svárové plochy musí být důkladně očištěny od oxidů, okují, olejových nečistot. Z tohoto důvodu používáme pasivaci a fosfátování. Součásti tlakové nádoby se ukládají na dopravník, který projíždí myčkou. Myčka obsahuje dvě komory s chemickými prostředky. První komora obsahuje produkt pro fosfátování (odmaštění) a druhá komora pro pasivaci. U fosfátování a pasivace je důležitá teplota a tlak roztoku, který je rozprašován na materiál pomocí trysek.

3.2.1 Fosfátování

Je chemická metoda úpravy povrchů oceli, při které se na základním materiálu tvoří nesnadno rozpustné kovové fosfátové vrstvy. Vytvořené vrstvy jsou porézní, nasákavé a hodí se bez další úpravy jako povrch pro následné lakování.

Výhody:

- dočasná ochrana proti korozi
- odmaštění povrchu
- dobrá adhesivní vrstva pro následné lakování

Na fosfátování záleží tlak vody a teplota vody a kyselost, která se musí kontrolovat pravidelně a zaznamenávat do dokumentace.

Produkt: DEXPHOS 1030

3.2.2 Pasivace

Pasivace je chemická metoda úpravy povrchů oceli. Je to samovolná nebo řízená tvorba ochranné vrstvy na povrchu kovu zabraňující korozi a narušení povrchu.

Produkt: DEXAL 5100

Tlak: 1,0 – 2,1 bar

Teplota: min. 20°C

3.3 Pájení měděných trubek

Pájení je nerozebíratelný spoj. Spoj vzniká působením zdroje tepla a pomocí přídavného materiálu (pájky), které spojují stejné nebo různé kovové materiály. Pájky mají odlišné chemické složení a nižší bod tavení než základní materiál.

- Při pájení nedochází k natavení základního materiálu

- Plamen se soustředí na místo spoje, nebo se nahřívá celá součást
- Spoj nastává v důsledku vzájemné difuze a rozpuštění pájky
- Spoj vzniká spojením tří materiálů: pájky, tavidla a základního materiálu



Obr 3.5 Pájená měděná trubka

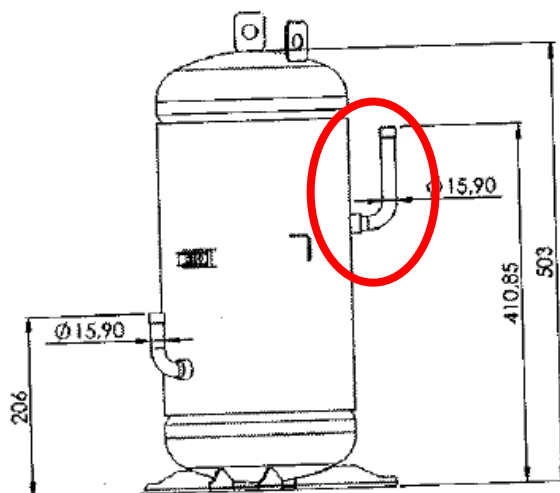
Pro naši tlakovou nádobu používáme tvrdé pájení. Spoj nahříváme kyslíko – acetylenovým plamenem, kde přívod acetylenu je napojen na flux. Flux nám změkčuje plamen a snižuje oxidaci pájeného spoje.

- Teplota tavení nad 45°C
- Spoje s vyšší pevností než u měkkého pájení
- Pracovní teploty nad 700°C
- Pevnost spoje dosahuje přes 400 MPa, ve střihu 100 MPa až 300 MPa
- Tvrdé pájky jsou na bázi: - mědi
 - slitin mědi s obsahem fosforu
 - mosazi
 - stříbra 15% a 25%
 - zlata
 - hliníku

Měděné trubky pájíme do nátrubku z důvodu dosažení pevného spojení mezi barelem a měděnou trubkou. V žádném případě nemůžeme spojit měděnou trubku přímo k barelu. Tímto bychom nikdy nezajistili pevné spojení z důvodu nedostatečné hloubky pro spoj.

K pájení měděných trubek a nátrubku potřebujeme přípravek, abychom zajistili správnou polohu nátrubku k měděné trubce. Poloha je důležitá, protože nátrubek bude přivařen k barelu. Měli

bychom vědět, kolik bude měděná trubka vysunuta od pláště barelu a jak velký bude svar kolem nátrubku, tak abychom nezasáhli svárem do měděné trubky.



Obr 3.6 Vysunutý nátrubek

3.4 Svařování tlakové nádoby

Svařování je proces, který slouží k vytvoření trvalého, to znamená nerozebíratelného spoje dvou a více součástí. Tlakovou nádobu jak už jsme zmínili, budeme svařovat robotem metodou 138. Je to obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu. Zdrojem je svářečka LSQ5 a rameno s hořákem je Motoman.

Materiál budeme svařovat na bázi tzv. sprchového přenosu. Používá se pro svařování kovových materiálů větších tloušťek. Musí se používat při svařování směsné plyny na bázi argonu (Ar). Proces je stabilní a prakticky bez rozstříku.

Tlaková nádoba má svoje rozměry a tolerance, které musíme dodržet. Tlakovou láhev budeme bodovat v přípravku. Všechny komponenty, víka, barel, vstupní a výstupní potrubí vložíme do přípravku. Přípravky (polohovadla) nám slouží k minimalizování času svařování, ulehčení práce svářečovi. Svařovací přípravky musí být navrženy tak, aby svařenec splňoval kritéria přesnosti a bylo možné jednoduché vyjmutí svařence z přípravku.

3.4.1 Svařovací zdroj a příslušenství

a) Svařovací zdroj:

Svařovací zdroj nebo svařovací agregát je elektrické zařízení používané pro usměrnění svařovacího proudu při obloukovém svařování. Svařovací zdroj by měl splňovat celou řadu požadavků pro bezproblémové svařování. Jako je například regulace elektrického napětí – Volt [V] a elektrického proudu – Ampér [A] a musí odolávat vzniku krátkodobých zkratů. Musí zajistit zapálení a stabilní hoření elektrického oblouku.

LSQ5:

Svařovací zdroj LSQ5 zajišťuje optimální energii oblouku. Jednoznačně se přizpůsobí různým svařovacím procesům. Energie neprodleně potřebná ke svařovacímu procesu je k dispozici okamžitě. Flexibilní doladění se provádí pomocí centrálního procesoru. Centrální procesor nepřetržitě analyzuje proces svařování a hodnot proudu a napětí na základě získaných dat a optimálně řídí spínací tranzistory. A proto svařovací zdroje LSQ5 mají velmi vysokou účinnost.

Výhody:

- až desetinásobná rychlost řídicího měniče – výsledkem je vynikající řídicí výkon
- rozšířené základní svařovací charakteristiky. Software nahradí hardware – méně součástí a tím se zvýší spolehlivost systému.
- venkovní ventilátory jsou bez filtrů – žádné znečištění uvnitř napájecího zdroje

Specifikace LSQ5:

Výkonnostní charakteristika	420 A při 60% zatížení 325 A při 100% zatížení
Procesy	MIG / MAG, I - puls, WIG - DC
Rozměry (d / š / v)	450mm / 400mm / 540mm
Váha	49 kg

Tab. 3.1 Specifikace zdroje LSQ5



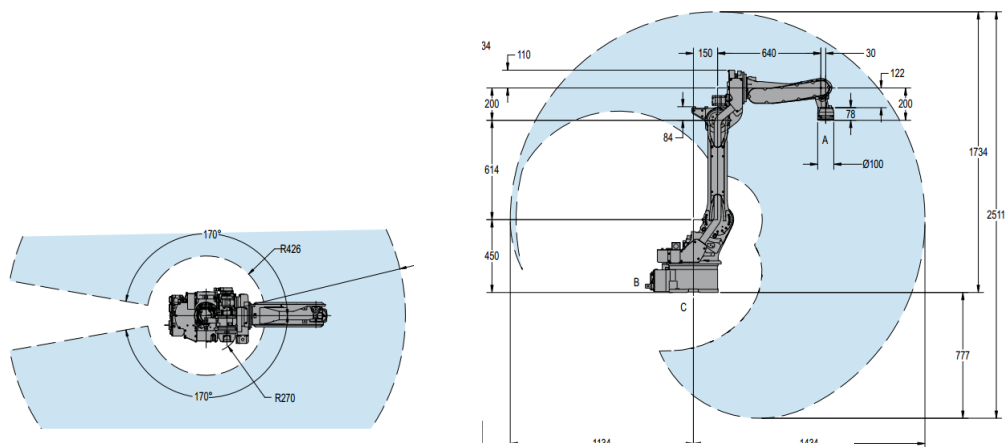
Obr. 3.7 Svářečka LSQ5

b) Svařovací robot Motoman:



Obr 3.8 Robotizované rameno MA 1400

Robotizované šestiosé rameno MA 1400. Svařovací robot zvyšuje produktivitu a dosahuje nejvyšší svařovací výkon. Snižuje svařovací cykly díky břítu Sigma – 5AC servořízení motoru a nové technologie ovládání. Nové uchycení kabelu hořáku, které snižuje jeho opotřebení. Napájecí, plynový a vzduchový kabel může být směřovaný přes základnu robota. Horní část paže je dutá a udržuje optimální ohyb svařovacího kabelu hořáku. T – osa otáčí hořák v rozmezí $\pm 200^\circ$ bez jakéhokoliv rušení kabele.



Obr 3.9 Pohyb ramene

c) Svařovací a testovací přípravky:

Svařovací přípravky slouží ke zjednodušení montáže tlakové nádoby pro svařování. Přípravek se používá v sériové výrobě. Tlaková nádoba se bude svařovat v samostatném přípravku. Přípravek musí být navržen tak, aby manipulace pro operátora byla co nejjednodušší. U konstrukce přípravku musíme dát zřetel i na váhu tlakové nádoby. Přípravek vyžaduje velkou přesnost polohy componentů. Velká přesnost je z důvodu robotizovaného svařování. Měli bychom dát zřetel také na měděné vstupní a výstupní trubky, které při skládání a fixaci proti pohybu nesmí být zdeformovány.



Obr 3.10 Svařovací přípravek

Testovací přípravky jsou pro nedestruktivní zkoušky. Z důvodu bezpečnosti testování tlakových nádob probíhá pod vodou. Tlakové nádoby budou testovány na 57 barů. Přívod vzduchu je přes hrdla měděných trubek. Všechny vývody měděných trubek musí být utěsněny pístem a nesmí být zdeformovány. Celá tlaková nádoba musí být zabezpečena proti pohybu.

3.4.2 Postup svařování

Svařování tlakové nádoby se nám vyčlení do několika kroků. Svařování nátrubků, držáků a obvodových svárů. Svařuje se ve svařovacím boxu, kde uprostřed stolu je umístěno robotizované rameno MA 1400. Celý svařovací proces si vysvětlíme v jednotlivých krocích.

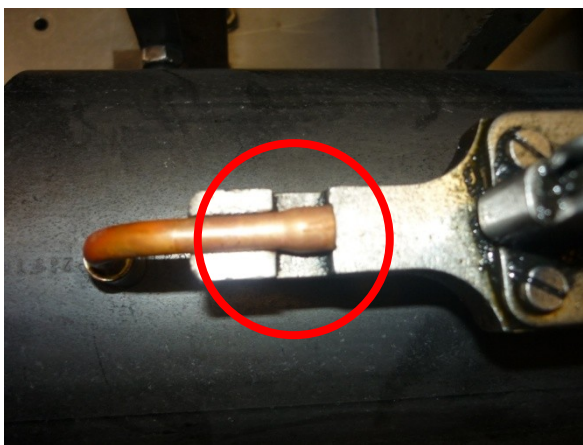
3.4.2.1 Svařování nátrubků

V prvním kroku budeme svařovat nátrubky do barelu. Barel usadíme do přípravku a do otvorů v barelu vsadíme měděné trubky s nátrubky. Hrdla trubek musí být umístěny na doraze, který nám zaručuje, že osy měděných trubek budou kolmé vůči ose barelu.



Obr 3.11 Usazení barelu do přípravku

Při seřizování svařovací hubice bychom si měli dát pozor na její sklon. V žádném případě nemůžeme narazit se svařovací hubicí do jakéhokoliv předmětu. Nátrubky se vaří s jedním napojením. Svár je koutový v poloze PA. Parametry pro svařování jsou 230 A; 22,4 V.



Obr 3.12 Doraz pro měděné trubky

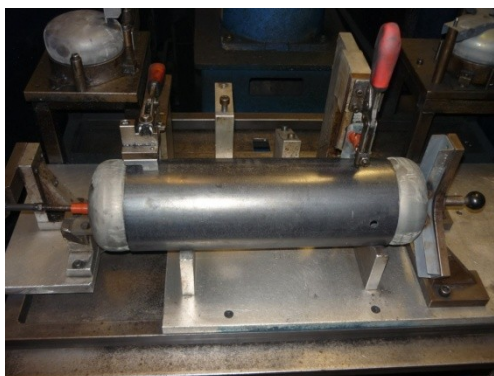
3.4.2.2 Svařování držáků

Dalším krokem bude svařování nohy (stojanu) nádoby a držáků. Na jednom přípravku budeme stehovat víko s držákem, víko s nohou a barel s víky. Můžeme vidět, že na jednom přípravku nastehujeme všechny tři kroky. Tímto ušetříme čas operátora i materiál za přípravky.



Obr 3.13 Příprava vík

Na barel nasadíme horní víko s držákem a spodní víko s nastehovanou nohou. V tomto přípravku se budou stehovat víka k barelu. Pomocí rolovaných vík můžeme vidět, že víka vůči barelu nemusíme centrovat. Pomocí lemu nám víko dosedne po celém obvodu barelu, přičemž osa barelu a víka budou v jedné ose.



Obr 3.14 Barel s víky

3.4.2.3 Obvodové sváry

Posledním krokem svařování jsou obvodové sváry. U obvodových svárů nám pomůže takzvaný rotační kalibr, na kterém si můžeme nastavovat frekvenci [Hz] – rychlost otáčení rotačního kalibru. Udává nám rychlost svařování – svařovací hořák je zafixován a celá nádoba se otáčí kolem své osy.

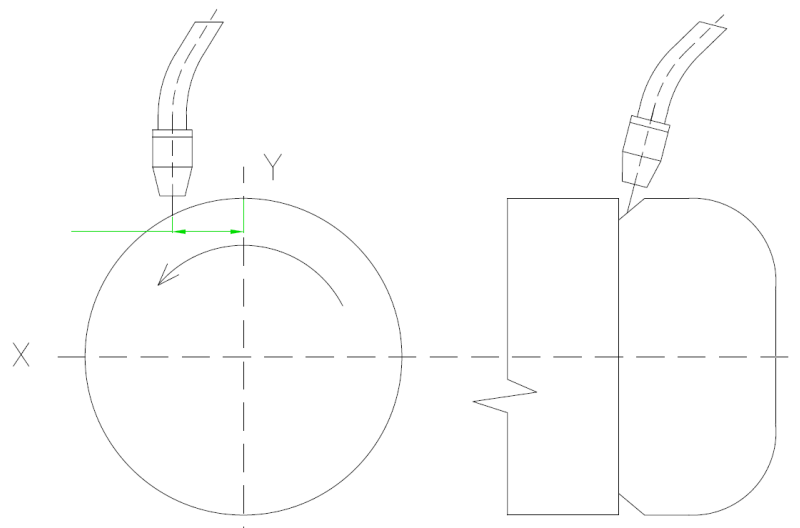


Obr 3.15 Rotační kalibr

Nastehovanou nádobu dáme do rotačního kalibru a pomocí vypínače zapneme přívod vzduchu do pístu, který nám dotlačí přítlačný talíř na jednu stranu tlakové nádoby a tím nám upevní nádobu v rotačním kalibru. V pístu je tlak v rozmezí 2 – 3 bary.

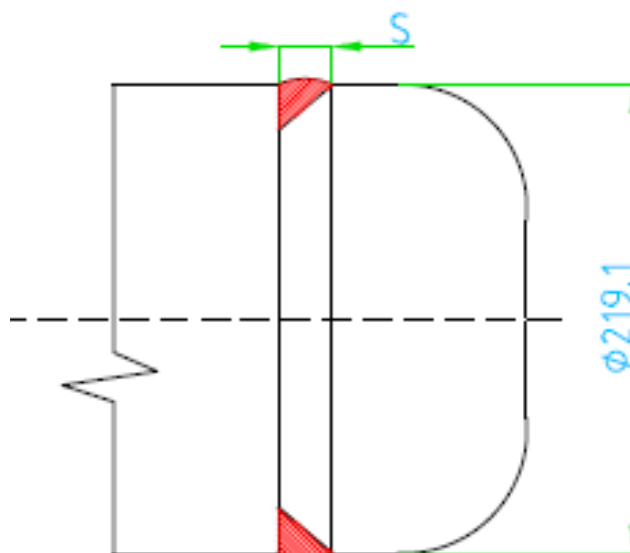
Jak už jsme uvedli, budeme svařovat půl "V" svár. V prvním kroku si musíme nastavit pozici svařovacího hořáku. Sklon a pozice svařovacího hořáku, který nastavíme, je velice důležitá pro jakost sváru. Svár by měl mít:

- provařenou kořenovou část
- průřez svárů bez pórů
- pravidelná struktura svárů



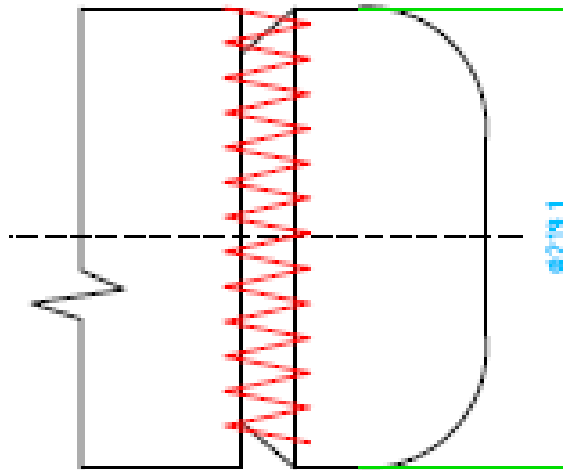
Obr. 3.16 Nastavení hořáku

Šířka svařovací mezery:



Obr. 3.17 Šířka pro svár

Šířka svařovací drážky závisí na lemu hrany víka. Šířka musí být nastavena tak, abychom dostatečně překryli hranu barelu a víka svárem. Šířka sváru závisí na velikosti napětí a rychlosti nastaveném na rotačním kalibru. Pokud by byla šířka svařovací mezery natolik široká, že bychom nemohli dostatečně překrýt svárem, můžeme použít takzvané pendlování (weaving) [Hz]

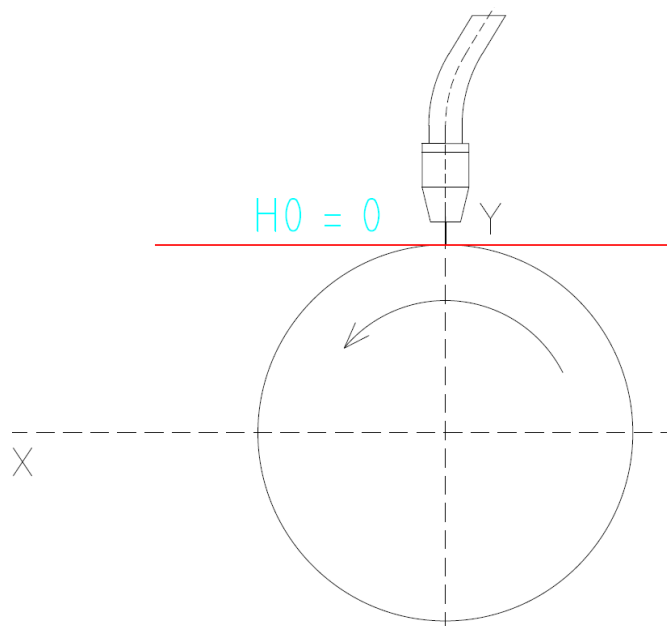


Obr. 3.18 Dráha hořáku

Vzdálenost hořáku od osy Y

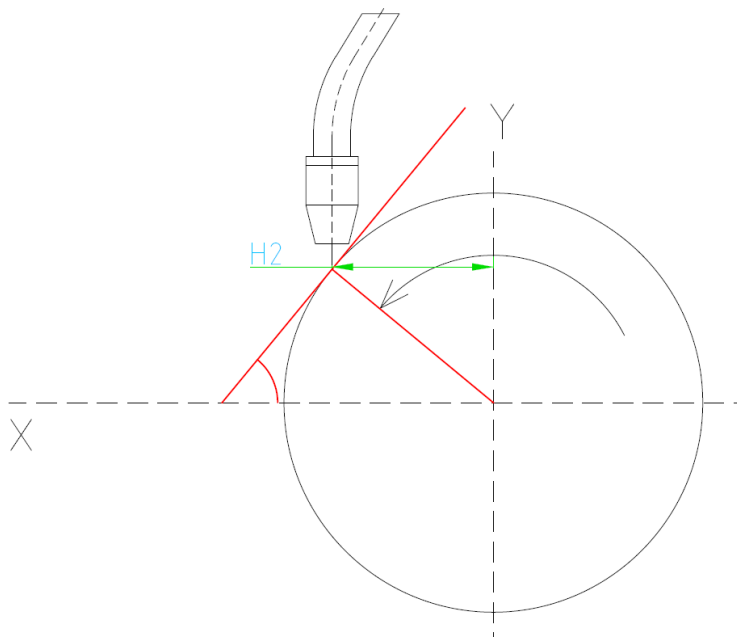
Tato vzdálenost závisí na kvalitě i pravidelnosti sváru.

Vzdálenost H_0 – Jestliže hořák nastavíme přímo na ose Y; $H_0 = 0$; a nechali stejné svařovací parametry a stejnou rychlost rotačního kalibru. Hořák směřuje přímo kolmo na svařovaný materiál (kolmo na přímku), tak veškerá energie směřuje do jednoho bodu a základní materiál se propálí.



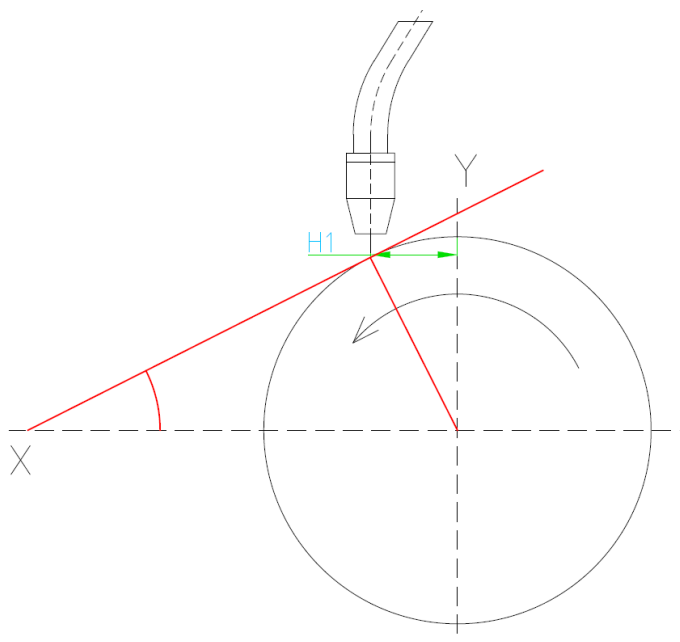
Obr. 3.18 Vzdálenost H_0

Vzdálenost H_2 - Necháme – li stejné svařovací parametry a stejnou rychlost rotačního kalibru. Na obrázku vidíme, že přímka svírá velký úhel (je příliš strmá). Svár bude studený, kořen neprovařený. Svár bude stékat z barelu, protože přímka svírá příliš velký úhel.



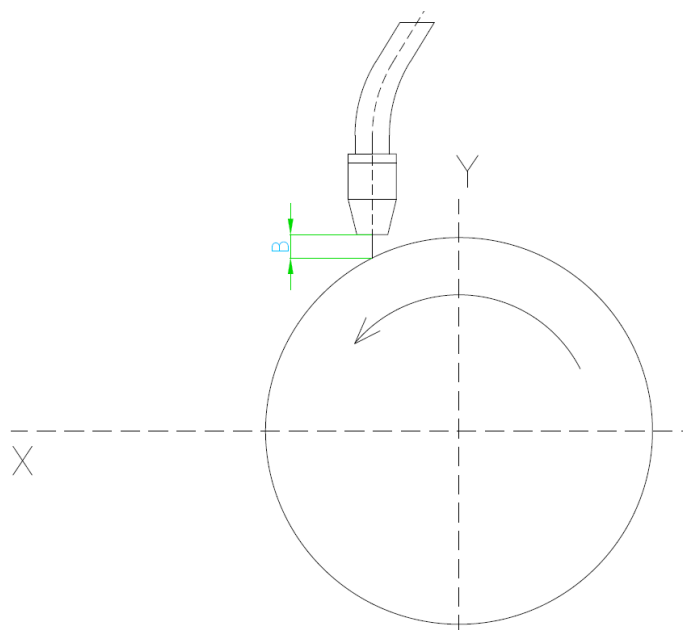
Obr. 3.19 Vzdálenost H_2

Vzdálenost H_1 – Tato poloha svařovacího hořáku je pro nás nejideálnější. Vidíme, že úhel γ se zmenšil a přímka není tak strmá jako v předchozím případě. Kořenový svár bude provařený a hrana barelu a víka bude pravidelně natavena.



Obr. 3.20 Vzdálenost H_1

Vzdálenost *B* - Tato vzdálenost je určena vysunutým přídavným drátem. Pokud drát bude příliš dlouhý vzniknou ve sváru póry a svár nebude pravidelný. Délku vysunutého drátu nastavujeme od 20 mm až 25 mm.



Obr. 3.21 Vzdálenost B

Po nastavení hořáků bychom měli celý svár zkontrolovat pomocí svařovacího hořáku po celém obvodu a ujistit se, jestli víko je kolmé k ose barelu. Tímto se ujistíme, že svár bude po celém obvodu ve stejné pozici (víko s barelem bude nataveno stejnoměrně po celém jeho obvodu).



Obr 3.17 Nádobu v rotačním kalibru

Svařovací parametry pro obvodový svár:

- metoda svařování – 138
- poloha svařování – PA
- svařovací proud – 350 – 380 A
- svařovací napětí – 28,0 – 31,0 V
- přísun drátu – 14,0 m/min

Dokument WPS je uveden v příloze č. 1.

3.5 Tlaková zkouška

Každá tlaková láhev musí být otestována předepsaným tlakem po určitou dobu. V našem případě je to 57 barů.

Ve firmě CULOBEL se testují tlakové láhve v tzv. testrech pod vodou. Nádoba se vloží do přípravku a pomocí tlačítka se uzavře písty. Nádoba se natlačí na určitý tlak a ponoří se pod vodu. Operátor vizuálně pozná, zda tlaková nádoba je těsná. Pokud nádoba prošla tlakovou kontrolou, tak se označí a bude poslána na povrchovou úpravu (lakování). Jestliže z nádoby uniká vzduch, operátor musí označit místo úniku a svár se musí opravit.



OBR. 3.2 Tester

3.6 Vady svárových spojů

Svárový spoj musí být proveden tak, aby měl požadované vlastnosti a nevykazoval vady, které by mohly snížit funkční schopnost tlakové nádoby. Přípustnost vad je pak dána dle příslušných norem. Klasifikace geometrických vad kovových materiálů při tavném svařování je ustanoven v normě EN ISO 6520 – 1. V normě jsou vady identifikovány referenčním číslem, které je pak uvedeno v protokolech při vyhodnocování svárů jednotlivými kontrolními metodami.

Vady lze rozdělit:

- vnitřní
- vnější: vady kořenové a povrchové

Vnitřní vady

a) Plynové dutiny

Jsou to dutiny vyplněné plynem, které po ztuhnutí sváru zůstaly ve svárovém kovu, nebo vystupují na povrch sváru.

- Bubliny: plynové dutiny kulového tvaru
- Póry: plynové dutiny, jejichž délka je větší než 1,5 násobek jejich šířky
- Řádka plynových dutin: bubliny nebo póry uspořádané v řádce, vyskytující se zpravidla v kořeni sváru
- Shluk plynových dutin: bubliny nebo póry nahromaděné v jednom místě.

Nečistoty většinou na povrchu svárových ploch, na povrchu svařovaného materiálu – rez, okuje, barvy, mastnoty včetně vody a vlhkosti. Tyto vady mohou také vyniknout nadměrným přehřátím nebo naopak při malé tekutosti svárové lázně. Další příčiny mohou být vlhký nebo poškozený drát, chybná polarita, nadměrná délka oblouku a tím i nedostatečná ochrana tavné lázně.

b) Vměstky

- Struskové vměstky: nepravidelné útvary strusky různých tvarů zavařené ve svárovém kovu.
- Řádová struska: nepravidelné útvary strusky zavařené ve svárovém kovu a uspořádané v řádce nebo dvojřádce anebo struska, jejíž délka je větší než trojnásobek její šířky.
- Oxidické vměstky
- Kovové vměstky: nežádoucí kovové částice, zpravidla kruhového tvaru, zavařené ve svárovém kovu.

c) Studený spoj

- Studený spoj na svárové ploše: nedokonalé tavné spojení svárového kovu se základním materiálem

- Studený spoj mezi vrstvami: nedokonalé tavné spojení jednotlivých vrstev sváru. Hrubá nečistota na svárových plochách, příliš pomalá postupová rychlost, kdy nadměrná tavná lázeň zalije nenatavené svárové plochy, nadměrná postupová rychlost, kdy rovněž nedojde k dokonalému natavení svárových ploch.

d) Trhliny

- Podélné trhliny: prasklá místa uvnitř nebo na povrchu sváru orientovaná podél sváru.
- Příčné trhliny: prasklá místa uvnitř nebo na povrchu sváru orientovaná napříč sváru.
- Rozvětvené trhliny: prasklá místa uvnitř nebo na povrchu sváru vycházejí z jednoho místa a šířící se v různých směrech.

Příliš tuhý svarek a nedostatečná opatření k omezení vzniku vnitřních pnutí – přítomnost vodíku ze znečištěných nebo vlhkých svárových ploch nebo ze svařovacího materiálu. Zkřehnutí materiálu vlivem prudkého chladnutí při nedodržení teploty předehřevu nebo svařování za nepříznivých povětrnostních podmínek.

Vnější vady

a) Nadměrně převýšený svár

Je to místo na povrchu sváru, kde krycí vrstvy vykazují nadměrné převýšení proti úrovni povrchu základního materiálu anebo u koutového sváru proti jeho požadované výšce. U jednovrstvých svarů jsou svárové plochy příliš vyplněny předposlední vrstvou – malá postupová rychlost a velký průměr svařovacího materiálu při svařování krycí vrstvy.

b) Propadlý svár

Místo tupého svaru, kde krycí housenka vykazuje prohloubení, včetně koncových kráterů, proti úrovni povrchu základního materiálu nebo u koutových svarů proti jeho požadované výšce. U jednovrstvých svarů nadměrná svárová mezera. U vícevrstvých svarů nevhodně rozložené vrstvy, krycí vrstva provedená malým průměrem svařovacího materiálu a nadměrnou postupovou rychlostí.

c) Zápaly

Jsou to ostré natavené prohlubně na hranici svárové housenky a povrchu materiálu. (mezi svarem a základním materiálem). Zápaly většinou způsobí nadměrná intenzita svařovacího proudu.

d) Nedostatečné překrytí hran

Šířka krycí vrstvy sváru je menší nebo stejná jako vzdálenost hran svárových ploch. Způsobuje to krycí vrstva provedená malým průměrem drátu a nadměrnou svařovací rychlostí.

Kořenové vady

a) Neprovařený kořen

Neúplné provařené svárové plochy v kořeni tupého sváru (jednostranný, oboustranný nebo koutový). Může to způsobit příliš sevřený úkos, nadměrné otupení, malá svarová mezera, přesazený materiál, velký průměr svařovacího materiálu pro svařování kořenové vrstvy, nevhodný sklon hořáku, nadměrná délka oblouku, malá intenzita proudu a velká svařovací rychlost.

b) Krápníky

Místa nadměrných převýšení z proteklého a ztuhlého svarového kovu v kořeni svaru. Způsobuje to velká svarová mezera, velká intenzita proudu a malá postupová rychlost při svaření kořenové vrstvy.

Oprava svárových spojů

V místech označených jako nevyhovující svár musíme provést opravu. Většinou se jedná o obvodové sváry. Svár musíme vybrousit el. bruskou až na kořenovou oblast. Svar vyvařit do původního stavu. Svárové napojení zabrousit a začistit. Vychladlou tlakovou nádobu znovu otestovat pod předepsaným tlakem.

4. Stanovení a kvalifikace postupu svařování kovových materiálů (WPQR)

Pro vytvoření WPQR dokumentu potřebujeme svařit vzorky pro různé testy:

- nedestruktivní testy
 - vizuální zkoušky (VT)
 - kapilární zkoušky (PT)
 - zkoušky prozářením (RT)
- destruktivní zkoušky
 - zkouška rázem v ohybu
 - zkouška tvrdosti
 - kontrola makrostruktury

4.1 Svařování vzorků

Svárový spoj, na který se bude postup svařování ve výrobě vztahovat, musí být reprezentován zhotoveným normalizovaným zkušebním kusem nebo kusy. Rozměry zkušebních

kusů jsou uvedeny v normě. Délka a počet zkušebních kusů musí být dostačující, aby bylo možné provést všechny požadované zkoušky. Pro nás je důležitý rozměr zkušebního kusu pro tupý spoj.

4.1.1 Základní materiál

Zkušební vzorky jsou z barelu o $\varnothing 219,1$ mm tloušťky $t = 4,1$ mm z materiálu P235TR1 a víka o $\varnothing 219,1$ mm tloušťky $t = 5.6$ mm a materiálu HYDAC380TM

4.1.2 Svařovací materiál

Uvedený svařovací materiál je standardní a odzkoušený. Výrobce přídatného materiálu STEIN MEGAFIL doporučuje použít tento svařovací materiál pro výrobu tlakových nádob.

Trubičkový přídatný drát o $\varnothing 1,2$ mm **STAIN – MEGAFIL 710M**

Standard: ISO 17632 – A – T – 46 6 M M 1 H5

4.1.3 Osvědčení svářečů a operátora

Svářeč nebo svářečský operátor, který úspěšně vykoná zkoušku postupu svařování podle normy, je kvalifikován pro příslušný rozsah kvalifikace podle norem. Výrobce je odpovědný za výcvik, dohled a kontrolu svářečského pracovníka. Výrobce musí vést aktuální seznam svářečů a záznamy o jejich přezkušování.

Standard: ČSN EN 14276

Metoda: 138 robotizovaný

Datum svařování: 5. 3. 2014

Jméno svářeče: Martin Šufana

Kvalifikace svářeče: Z – K 135 1.1

4.1.4 Kontrola před svařováním

Před svařováním kvalifikovaná osoba zkontroluje:

- certifikáty základního materiálu
- certifikáty svařovacích materiálů
- dokumenty k ochranným plynům
- osvědčení svářečů a operátora
- osvědčení dozoru svařování
- dokumenty ke svařovacím zařízením

4.1.5 Svařování

Příprava a svařování zkušebních kusů musí být provedeny podle pWPS a za všeobecných podmínek svařování ve výrobě, které musí reprezentovat. Polohy svařování a meze pro úhel sklonu a otočení zkušebního kusu musí být podle EN ISO 6947.

Samostatné svařování vzorků proběhlo dne 5. 3. 2014 za účasti oprávněné osoby. Postup svařování a parametry budou uvedeny v dokumentu WPS, které budou součástí WPQR.

4.2 Zkoušky vzorků

Zkoušky vzorků jsou testovány pod dohledem kvalifikované osoby. Dle normy EN ISO 15614 – 1. Vzorky jsou odzkoušeny nedestruktivními a destruktivními zkouškami.

4.2.1 Nedestruktivní zkouška

- vizuální
- kapilární
- prozáření

Před nedestruktivním zkoušením musí být dokončena všechna stanovená tepelná zpracování po svařování. Vzhledem k tomu, že je použita metoda 138, použijí navíc zkoušku ultrazvukem.

4.2.2 Destruktivní zkoušky

a) Příčná zkouška tahem

Zkušební vzorky pro příčnou zkoušku tahem tupých spojů musí být provedena podle EN 895. Pevnost v tahu vzorku nesmí být nižší než je odpovídající minimální předepsaná hodnota pevnosti v tahu základního materiálu, pokud to nebylo před začátkem zkoušení stanoveno jinak.

b) Zkouška lámavosti

Zkušební vzorky při zkoušce lámavosti tupých spojů musí být podle EN 910. Pro tloušťky <12 mm musí být zkoušeny dva vzorky ze strany kořene a dva z lícové strany. Průměr ohýbacího trnu nebo vnitřní kladky musí být 4 x t a úhel ohybu musí dosáhnout 180°.

c) Makroskopická kontrola

Zkušební vzorek musí být připraven a naleptán podle EN 1321 na jedné straně tak, aby byla jasně patrná hranice natavení, tepelně ovlivněná oblast a způsob kladení housenek. Každá zkouška postupu musí být zdokumentována nejméně jedním snímkem makrostruktury.

d) Zkouška rázem v ohybu

Umístění zkušebních tyčí a teplota zkoušení pro zkoušku rázem v ohybu musí být provedena podle této normy a rozměry tyčí a zkoušení musí být provedena podle EN 875.

Pro svárový kov musí být použity: zkušební tyč pro svárový kov typu VWT (V: Charpy V – vrub – W: vrub ve svárovém kovu – T: vrub napříč tloušťkou) a zkušební tyč pro tepelně ovlivněnou oblast typu VHT (V: Charpy V – vrub – H: vrub v tepelně ovlivněné oblasti – T: vrub napříč tloušťkou). Pro každé stanovené umístění musí každá sada obsahovat tři zkušební tyče.

Vrub umístěný v tepelně ovlivněné oblasti musí být 1 mm až 2 mm od hranice natavení a vrub umístěný ve svárovém kovu musí být v ose sváru.

e) Zkoušení tvrdosti

Zkoušení tvrdosti podle Vickerse HV 10 musí být provedeno podle EN 1043 – 1. Měření tvrdosti musí být provedeno ve svárovém kovu, v tepelně ovlivněných oblastech a v základním materiálu, aby se vyhodnotil průběh tvrdosti napříč svárovým spojem.

4.3 Posouzení výsledků

4.3.1 Nedestruktivní zkouška (Non destructive tests)

	Standartní provedení	Standartní požadavek	Provedeno	Výsledek
Visuální zkouška (VT)	ČSN EN ISO 17637	ČSN EN ISO 5817	ČSÚ s.r.o. Ostrava	Vyhovuje
Kapilární zkouška (PT)	ČSN EN 571 - 1	ČSN EN ISO 23277	CONTROLTEST Ostrava	Vyhovuje
Zkouška prozářením (RT)	ČSN EN 1435	ČSN EN 12517 - 1	CONTROLTEST Ostrava	Vyhovuje

Tab. 4.1 Vyhodnocení nedestruktivní zkoušky

V tabulce jde vidět, že všechny VT, PT, RT zkoušky: **Vyhovuje**

4.3.2 Destruktivní zkoušky

4.3.2.1 Zkouška rázem v ohybu (Impact test)

Norma EN ISO 15614 – 1 zkouška rázem v ohybu na svárový spoj $\varnothing 219,1 \times 5,6/4,1$ mm.

Materiál P235TR1/HYDAC380TM

	Teplota	Hodnoty nárazové práce [J]			Průměr [J]
1.	-40°C	29	31	29	30
2.	-40°C	28	27	28	28

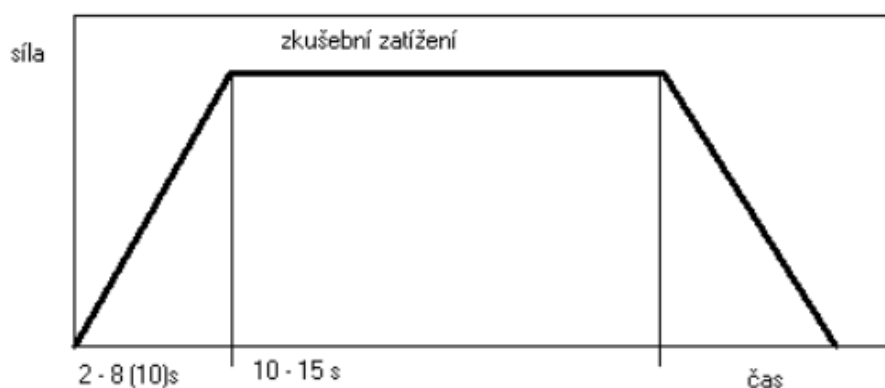
Tab. 4.2 Vyhodnocení zkoušky rázem v ohybu

Zkouška rázem v ohybu: **Vyhovuje**

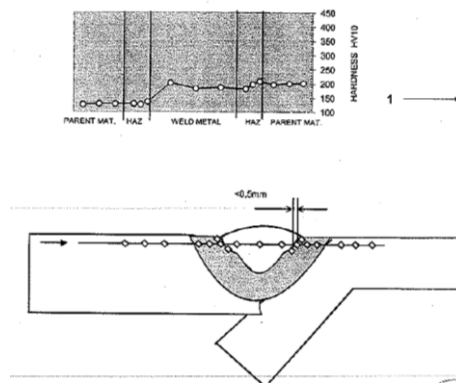
4.3.2.2 Zkouška tvrdosti (Hardness test)

Norma EN ISO 15614 – 1. Zkouška je uvedena v HV10. Pro ocel P235TR1: v protokolu je uvedeno HV10 – max. 209: **Vyhovuje**

- zkouška tvrdosti se provádí obvykle v teplotách 10°C až 35°C
- vzorek je položen na tuhé podložce, tak aby se vzorek neprohnul a neovlivnil nám výsledky
- vnikající těleso se zatlačuje do povrchu vzorku silou, zatíženou kolmo k jeho povrchu
- doba působení zkušební síly je 10s až 15s.



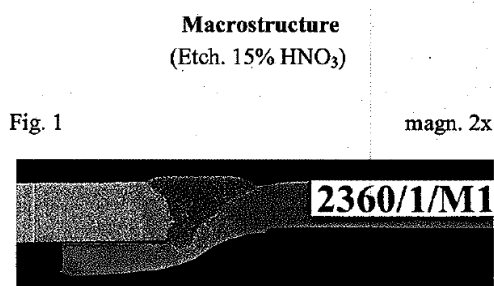
Tab. 4.3 Průběh zkušebního zatížení 1



Obr. 4.1 Zkouška tvrdosti vzorku

4.3.2.3 Kontrola makrostruktury

Kontrola makrostruktury je bez vad. Byl použit roztok s koncentrací 15% HNO_3 - **Vyhovuje**



Obr. 4.2 Zkouška makrostruktury

4.4 Protokol o kvalifikaci postupu svařování (WPQR)

Protokol o kvalifikaci postupu svařování (WPQR) je přehled výsledků hodnocení každého zkušebního kusu, včetně opakovaných zkoušek. Důležité údaje, jejichž seznam pro WPS je v odpovídající části EN ISO 15609, musí být v protokolu obsaženy spolu s podrobnostmi o vlastnostech, u nichž by důvodem k odmítnutí byly určité požadavky. Pokud nebyly nalezeny žádné nepřijatelné vlastnosti, pak je WPQR, podrobně uvádějící výsledky zkoušek postupu svařování zkušebního kusu, kvalifikován a musí být zkušebním orgánem nebo zkušební organizací potvrzen a datován.

5. Závěr

Cílem této práce byl návrh technologie svařování netopené tlakové nádoby podle ČSN EN 13445. V technické praxi jsou požadavky na výrobu tlakových nádob velmi vysoké z důvodu možnosti vzniku netěsností, což by mohlo vést k havárii a až ke ztrátám na životech. U výroby tlakových nádob se největší důraz klade na volbu tloušťky a druhu základního i přídavného materiálu. Zvýšení kvality sváru se zajišťuje dobrou ochrannou roztaveného kovu, rovnoměrným chemickým složením, zlepšením skládání sváru a minimálními výskyty neprůvarů. Vývoj směřuje ke zdokonalování funkce svařovacích zařízení, zvýšení úspornosti, provozní spolehlivosti a tím i vyšší bezpečnosti svařování. Tohoto typu tlakové nádoby by se mělo vyrábět v naší firmě až 200 kusů ročně.

Při výrobě tlakové nádoby jsem se zaměřil na výběr přídavného materiálu. Ze čtyř typů přídavného materiálu jsem vybral Stein - Megafil 710M. Dobře provařený kořen, pravidelná struktura sváru a minimální obsah mědi, což při svařování tlakových nádob je vyžadováno. Při nastavování svařovacích parametrů jsem kladl důraz, aby svár byl nejkvalitnější a rychlost svařování co nejrychlejší pro efektivitu výroby.

Svařené vzorky byly poslány do Českého svářečského ústavu, kde byl vyhotoven dokument WPQR. Vzorky byly podrobeny zkouškou destruktivní a nedestruktivní. Ve všech testech vzorky vyhověly. V dokumentu je uvedeno rozmezí tloušťky a průměru materiálu, které můžeme svařovat. Pro tloušťku materiálu je to od 3,0 mm do 6,3 mm a pro průměr barelu $d \geq 109,55$ mm.

6. Seznam použitých zdrojů

- [1] Tlakové nádoby firmy POMAR. [online]. [cit. 20. 1. 2014]. Dostupné z:
<http://www.pomar.cz/index.php/cz/tlakove-nadoby>
- [2] tlakové nádoby CULOBEL a.s. [online]. [cit. 12. 4. 2013]. Dostupné z:
www.culobel.com/index.php?p=pressurised_vision
- [3] ČSN EN 13445. *Netopené tlakové nádoby – Část 1: Všeobecně*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [4] ČSN EN 13445. *Netopené tlakové nádoby – Část 2: Materiály*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [5] ČSN EN 13445. *Netopené tlakové nádoby – Část 3: Konstrukce a výpočet*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [6] ČSN EN 13445. *Netopené tlakové nádoby – Část 4: Výroba*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [7] ČSN EN 13445. *Netopené tlakové nádoby – Část 5: Kontrola a zkoušení*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [8] ČSN EN 15614 – 1. *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování – Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [9] ČSN EN 13 480 -2. *Kovová průmyslová potrubí – Část 2: Materiály*.
- [10] ČSN EN 14276 – 1. *Tlaková zařízení, chladičí zařízení tepelná čerpadla – Část 1: Nádoby – Všeobecné požadavky*.
- [11] ČSN EN 13479. *Svařovací materiály: Všeobecná výrobní norma pro přídavné kovy a tavidla pro tavné svařování kovových materiálů*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

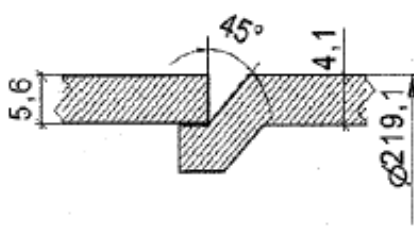
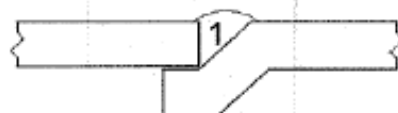
- [12] ČSN EN 6520 – 1. *Svařování a příbuzné procesy – klasifikace geometrických vad kovových materiálů – Část 1: Tavné svařování*. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. WPS dokument

Příloha 2. Výkres tlakové nádoby

Příloha 1. WPS dokument

WPQR číslo:	-	Zkušební organizace:	-							
Místo:	Frýdlant nad Ostravicí	Specifikace základního materiálu dle:								
Výrobce Název:	Martin Šufana	P235TR1	HYDAC380TM							
		1.0254	1.0978							
Adresa:	PV – Czech, s.r.o., Frýdlant nad Ostravicí	-	-							
		Další označení:	-							
Metoda svařování:	138(robot)	Druh přípravy a čištění:								
Druh svaru:	TUPY	Broušení, fosfátování, pasivace								
	Půl V svar									
Poloha při svařování:	PA	Tloušťka mat. [mm]:	4,1/5,6 mm							
	-	Vnější průměr [mm]:	219,1 mm							
Tvar spoje		Postup svařování								
										
Podrobnosti svařování										
Vrstva	Metoda	Průměr přídavný h mat. [mm]	Proud (A)		Napětí (V)		Typ proudu / Polarita	Rychlost podávání drátu	Rychlost svařování [mm/sec]	Tepelný příkon [kJ/mm]
1	138	Ø 1,2	350	380	28,0	31,0	DC/+	14,0	14,33	0,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Přídavný materiál				Tepelné zpracování před svařováním						
Klasifikace a výrobní značka:		STEIN – MEGAFIL 710M		Teplota předehřevu [°C]:		20				
Dle výrobce:		DRAHITZUG STAIN		Interpass teplota [°C]:						
Dle normy:		ISO 17632-A-T		Tepelné zpracování po svařování						
						Metoda: Žihání ke snížení vnitř. pnutí				
Předpis pro sušení: čas/teplota °C						Čas / teplota:				
						Rychlost ohřevu a chladnutí:				
Podmínky svařování				Další informace						
Ochranný plyn:		90 % Ar, 10 % Co		rozkyv (max šíře housenky):						
Průtočné množství plynu:		16 – 20 l/min		rozkyv: amplituda:						
Ochrana kořene:				frekvence:						
Průtočné množství plynu:				čas prodlevy:						

[illegible]

適合規格圖	適合規格圖
APPL VANCE	APPL VANCE
12/24/2011	12/24/2011
600X003-Z	600X003-Z
AS8040004	AS8040004
AS1900001	AS1900001
AD130063	AD130063
AD130064	AD130064

国産	製造場所 PLACE	製造標記 PAINT	二重 PROCESS	右白色 COLOR	数量 QTY	品名 品名 品名	計量単位 単位	数量 数量 数量	備考 備考 備考	計量単位 単位	数量 数量 数量	備考 備考 備考
----	---------------	---------------	---------------	--------------	-----------	----------------	------------	----------------	----------------	------------	----------------	----------------